

基于CATIA/CAA的轮胎花纹设计及自动节距排列

李 华, 张 敏, 程丽娜, 吴东霞

(中策橡胶集团有限公司, 浙江 杭州 310018)

摘要: 基于CATIA参数化建模及CAA二次开发, 介绍一种花纹设计方法。花纹开发主要包括单节距花纹模板制作和整周拼接两部分。单节距花纹模板制作包含2D线框、3D曲面及3D实体3个阶段, 利用CATIA知识工程及三维建模技术, 实现以规格为主要发布参数的模板封装。利用CAA编程技术, 调用单节距花纹模板, 快速实现了轮胎整周花纹的拼接, 可缩短轮胎开发设计周期、降低开发成本、提高设计自动化水平。

关键词: 轮胎; 模板; 节距花纹; 自动排列; CATIA; CAA二次开发

中图分类号: TQ336.1⁺1; TP391.7

文献标志码: A

文章编号: 1006-8171(2021)01-0009-04

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2021.01.0009



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

伴随着经济的不断发展, 汽车的需求量日益增大, 而轮胎在汽车行驶的舒适性和安全性方面起着重要作用。因此, 轮胎的设计变得日益重要, 复杂程度也逐渐上升, 胎面花纹形状千变万化, 结构复杂, 常需要耗费大量设计时间。二维图形设计已经无法满足轮胎设计要求, 众多轮胎企业纷纷采用CATIA, UG和SolidWorks等三维软件进行轮胎设计开发, 显著缩短了轮胎的开发周期, 同时伴随着设计自动化程度的提高, 轮胎的设计质量也得到了明显提升^[1]。

胎面花纹对噪声、滚动阻力和滑水等轮胎性能有重要影响^[2-5], 是轮胎产品设计的重要组成部分。改进胎面花纹的设计方法、优化设计系统是提高轮胎质量的重要途径^[6]。国外研究者积累了丰富的轮胎花纹设计经验和技巧。S. Fujiwara等^[7]通过研究轮胎花纹沟槽产生谐振频率的原理, 提出了可以降低花纹沟噪声的稳态花纹设计方法。W. Strache等^[8]将虚拟开发技术应用到轮胎花纹设计过程中, 可缩短开发周期和降低开发成本。C. H. Chu等^[9]在分析轮胎及其花纹特点的基础上, 借助CATIA提供的CAA-RADE开发工具, 实现了轮胎三维花纹的快速化设计。国内的轮胎企

业和院校也在研究轮胎花纹设计的开发技术, 主要有基于语义的轮胎3D花纹设计、轮胎模具花纹块系统、基于CAA-RADE的轮胎三维花纹参数化设计等^[10-14]。

为了满足轮胎花纹设计的精细复杂程度, 本工作在CATIA V5R22版本下根据花纹块最小单元——节距设计, 在GSD (Generative Shape Design, 创成式曲面设计) 模块进行轮胎参数化的节距花纹2D线框和3D曲面设计, 然后在PDG (Part Design, 零件设计) 模块下转化为3D实体。通过三维设计中常用的扫略、拉伸、旋转、曲面特征、布尔运算等命令, 完成轮胎花纹的三维造型^[15]。在设计过程中, 利用参数驱动及CATIA知识工程的特性, 先完成一个节距花纹实体的模板创建, 并以“节距代号”为主要发布参数进行模板封装。通过参数变化即可实现不同节距花纹实体的自动生成。然后在ASD (Assembly Design, 装配设计) 模块利用CAA二次开发自动调用单节距花纹模板, 根据花纹节距排列顺序的设计要求, 通过程序自动完成轮胎花纹整周的装配。

1 CATIA参数化模板设计在花纹设计中的应用

轮胎花纹一般有3—5个不同节距组成。以RP18花纹5个节距设计为例, 轮胎整周由A, B, C, D, E五个节距根据一定的顺序环形排列组成, 这5个节距形状相似而尺寸不同 (一般A为最大, E为最

作者简介: 李华 (1982—), 女, 陕西大荔县人, 中策橡胶集团有限公司工程师, 硕士, 主要从事轿车子午线轮胎CATIA设计平台开发及轮胎设计工作。

E-mail: hua.li@zc-rubber.com

小)。为了直观展示节距之间的异同,将5个节距花纹展开在同一个平面内,如图1所示。

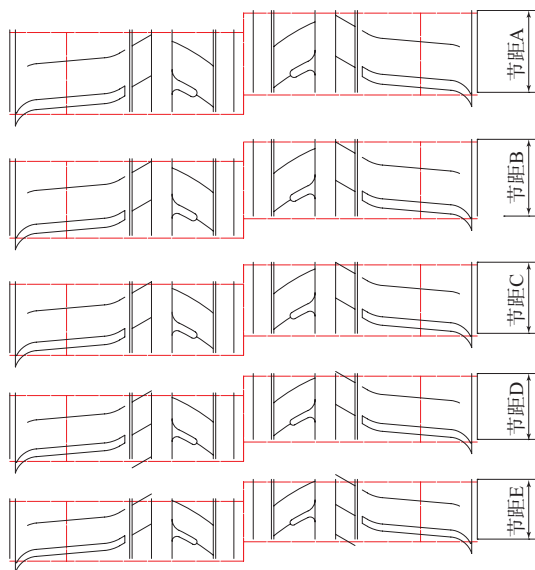


图1 5个节距花纹平面展开示意

每个节距花纹设计只有参数不同而形状一致,利用CATIA参数驱动及知识工程工具,通过更改模板中发布的“节距代号”参数即可实现由1个节距变参数而生成其他4个节距的操作,由此轮胎的花纹设计就集中到可用参数化的单节距模板设计上。

2 节距花纹的设计

2.1 2D线框设计

在GSD模块下,根据花纹特点划分出最小设计单元——节距,首先进行2D线框设计。根据实际需要,如果花纹为对称设计,则只需要画出单侧图形,通过相应的对称、平移操作即可得到另一侧图形,如图2所示。

2.2 3D曲面设计

在GSD模块下,根据上级设计节点输出的轮廓曲线,旋转即可得到轮胎胎面和沟底面等3D花纹设计中需要的曲面。将已设计好的2D单节距花纹线框对应依次展开投影到胎面上,如图3所示。然后根据3D设计参数进行角度扫略、桥接、圆角、修剪等操作,实现花纹节距的3D曲面造型的生成,如图4所示。

2.3 3D实体设计

在PDG模块下,首先将3D曲面节距花纹设计

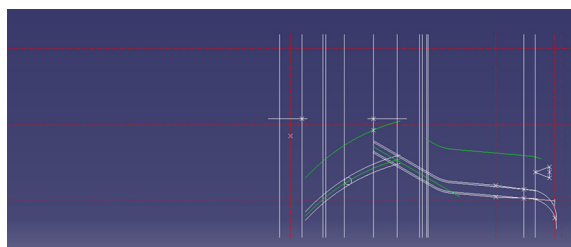


图2 2D节距花纹单侧设计示意

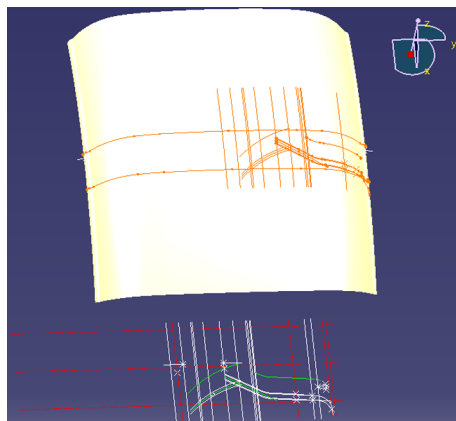


图3 2D节距花纹在胎面上展开投影示意

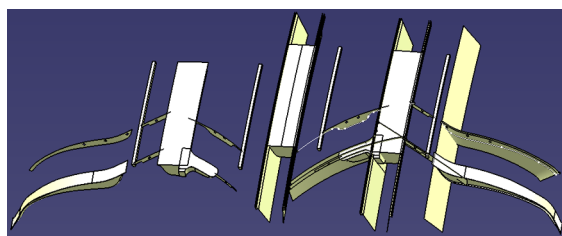
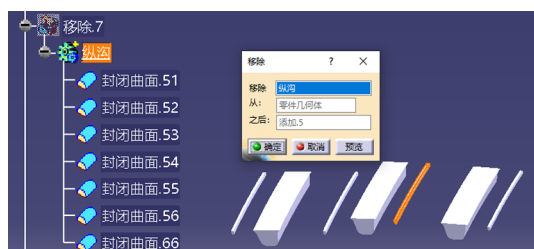


图4 3D曲面节距花纹示意

中的沟和钢片进行封闭曲面,转化为3D实体。为了便于节距实体在轮胎整周装配,避免轮胎实体的重复装配,在单节距花纹实体设计中,并不涉及光面轮胎的实体,对节距花纹实体采用布尔减的设计,如图5所示。

3 轮胎整周花纹自动装配

在ASD模块中,首先根据轮廓曲线得到光面轮胎实体。利用CAA编程二次开发,对做好的3D节距花纹实体进行调用,并根据节距长度自动进行节距间环形排列角度的计算。在开发工具的对话框中输入节距排列顺序“UDFABC”,装配树结构中选择轮廓“Part”和装配的光面轮胎“Body”,再对装配的节距花纹3D实体文件做路径选择,最后点击“确定”按钮,即可实现自动节距花纹的整周



(a) 纵沟



(b) 横沟

图5 3D实体节距花纹设计界面

装配,如图6所示。

4 系列化规格花纹扩展

上述介绍的是单规格轮胎的花纹整周自动装配过程,通过关联设计即可实现多规格、系列化的花纹扩展。在ASD模块中,装配文件采用关联

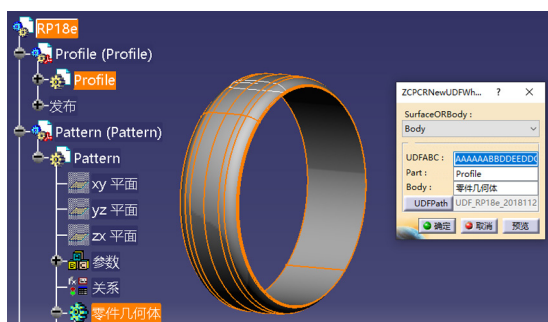


图6 轮胎整周花纹自动装配界面

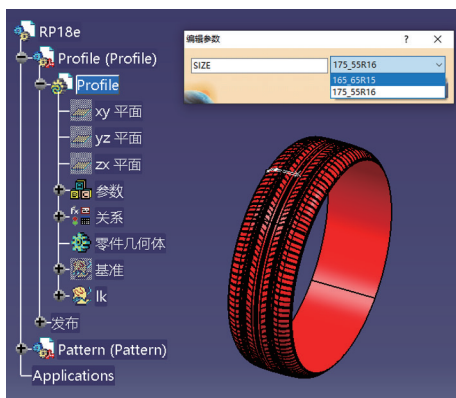


图8 规格驱动的花纹系列扩展界面

设计,有轮廓和花纹两个装配节点。在轮廓和花纹两个模板的设计中均采用配置表设计,如图7所示。

LK_RP18e (模板配置)															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
1	Size	Dr (mm)	TD (mm)	B (mm)	b (mm)	h (mm)	R1 (mm)	Rn1 (mm)	R2 (mm)	R3 (mm)	Rn3 (mm)	R4 (mm)	R5 (mm)		
2	175_55R16	494.2	6.8	150	144	8	690	765.2	140	40	30	45.97	44.24		
3	165_65R15	378.9	6.8	176	126	7.9	470	510.2	120	40	30	50.41	74.57		

Pattern_RP18e (模板配置)															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
1	Size	pitch_length(mm)	深U1	(α深U2)	(α深U3)	(α深U4)	(α深U5)	(α深U6)	(α深U7)	(α深U8)	(α深U9)	(α深U10)	(α深U11)		
2	175_55R16_A	23.79	4	11.5	1	17	10.3	8.5	8	1	2	5	5		
3	175_55R16_B	31.66	4	11.5	1	17	10.3	8.5	8	1	2	5	5		
4	175_55R16_C	29.35	4	11.5	1	17	10.3	8.5	8	1	2	5	5		
5	175_55R16_D	27.18	4	11.5	1	17	10.3	8.5	8	1	2	5	5		
6	175_55R16_E	24.67	4	11.5	1	17	10.3	8.5	8	1	2	5	5		
7	165_65R15_A	28.67	3.5	10	1	15	9	7.5	7	1	2	4.5	5		
8	165_65R15_B	26.59	3.5	10	1	15	9	7.5	7	1	2	4.5	5		
9	165_65R15_C	24.21	3.5	10	1	15	9	7.5	7	1	2	4.5	5		
10	165_65R15_D	22.04	3.5	10	1	15	9	7.5	7	1	2	4.5	5		
11	165_65R15_E	19.58	3.5	10	1	15	9	7.5	7	1	2	4.5	5		

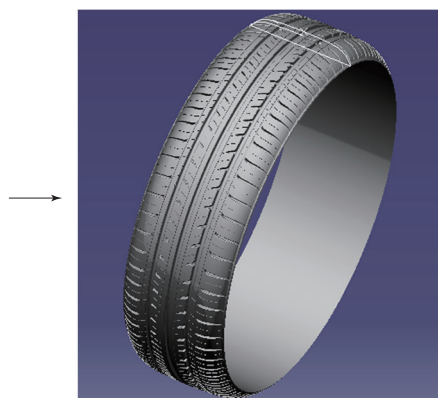
图7 轮廓及花纹设计参数配置表界面

两个配置表均以“轮胎规格”为扩展关键参数,当规格发生变化时,配置表关联设计就会自动更新轮廓图曲线,并自动选择新规格下的花纹设计参数,点击“更新”按钮,即可实现更新节距花纹及整周花纹装配,如图8所示。

5 结语

本工作对轮胎花纹2D和3D设计方法进行探讨,采用花纹设计最小单元——节距设计的方法,对节距花纹进行参数化模板设计,以“节距代号”作为参数驱动进行花纹模板扩展的应用。同时利用CAA二次开发,实现了轮胎花纹快速和准确的整周装配。利用CATIA参数化和知识工程的模板化设计,用配置参数表的关联和规格驱动,达到了简单便捷的花纹系列扩展的目的。

以往花纹图在autoCAD平台上进行2D节距设计及有限节距数量的平面拼合,不仅不能直观展现轮胎整周花纹造型,且每个节距的制图都需要进行重复性设计工作及人工手动节距拼合。以5



个节距的花纹设计为例,需要人工设计制图5次,并且手工拼合5个节距后提供模具厂作为拼合图示例。本工作基于CATIA/CAA对轮胎花纹设计及整周拼合装配进行研究,实现了同花纹系列的迅速扩展。以开发24个规格为例,以每个规格耗时8 h计算,24个规格一个人需要24个工作日的时间。采用CATIA/CAA参数化模板设计,利用规格参数驱动图纸自动更新,加以CAA二次开发节距花纹整周自动装配,以每个规格2 min计算,24个规格仅需要48 min,即一个人不到1 h的时间就能将花纹图全部扩展完成。采用CATIA模板设计及CAA开发花纹自动整周装配,不仅大幅度缩短了设计开发人员的工作时间,同时避免在不同节距重复性设计时出现的人为错误,规范设计标准,提高了轮胎花纹图的设计质量。另外,以整周3D造型花纹图交付模具厂,可缩短造型确认的沟通时间,进而缩短轮胎开发周期。

参考文献:

- [1] 王梦蛟. 绿色轮胎的发展及其推广应用[J]. 橡胶工业, 2018, 65(1): 105-112.
- [2] 卢磊. 轮胎花纹对轮胎噪声影响的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2017.
- [3] 吴旭. 降低轮胎滚动阻力的胎体和花纹结构设计研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2018.
- [4] 周海超. 花纹结构对轮胎花纹沟噪声和滑水性能影响规律及协同提升方法研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2013.
- [5] 邓兰祥. 基于轿车轮胎花纹噪声模型的优化设计研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2017.
- [6] 李廷照. 轮胎3D花纹设计方法及自动设计系统的开发与研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2013.
- [7] Fujiwara S, Yumii K, Saguchi T, et al. Reduction of Tire Groove Noise Using Slot Resonators[J]. Tire Science and Technology, 2009, 37(3): 207-223.
- [8] Strache W, Fischer M, Mundl R, et al. Prediction of Tire Performance for Tread Pattern Development[J]. VDI Berichte, 2005, 19(12): 227-246.
- [9] Chu C H, Song M C, Luo V. Computer Aided Parametric Design for 3D Tire Mold Production[J]. Computers in Industry, 2006, 57(1): 11-25.
- [10] 董玉德, 张金巨, 白苏诚, 等. 基于语义的轮胎3D花纹自定义特征研究[J]. 汽车工程学报, 2015, 5(2): 90-100.
- [11] 张萍, 魏修亭, 苏小宁. 基于UG的轮胎模具花纹块造型系统开发[J]. 山东理工大学学报(自然科学版), 2009, 23(3): 59-62.
- [12] 鲁军, 董玉德, 李廷照. 基于CAA-RADE的轮胎三维花纹参数化设计的实现[J]. 轮胎工业, 2014, 34(5): 272-276.
- [13] 林晓昱. 全天候轮胎花纹设计与性能的关联[J]. 轮胎工业, 2019, 39(12): 707-709.
- [14] 孙根基. 基于点云的轮胎花纹快速逆向建模方法[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2018.
- [15] 杨国涛, 黄书达. 三维设计软件在轮胎三维设计中的常用特征命令[J]. 橡塑资源利用, 2016(5): 16-19.

收稿日期: 2020-08-08

Tire Pattern Design and Automatic Pitch Arrangement Based on CATIA/CAA

LI Hua, ZHANG Min, CHENG Lina, WU Dongxia

(Zhongce Rubber Group Co., Ltd, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Based on CATIA parametric modeling and CAA secondary programming, a pattern design method was introduced. The pattern development mainly included two parts: single pitch pattern template design and pitch integration. The production of single-pitch pattern template included three stages of 2D line-frame, 3D surface and 3D solid. Using CATIA knowledge engineering and 3D modeling technology, the pattern template was finished and published with specification parameters. Using CAA programming technology, the pitch integration was quickly obtained with the single pitch pattern template, which could shorten the tire development and design cycle, reduce the development cost, and improve the level of design automation.

Key words: tire; template; pitch pattern; automatic arrangement; CATIA; CAA secondary programming